

## 【 236 】

氏名	結 石 友 宏
授与した学位	博 士
専攻分野の名称	工 学
学位授与番号	博 甲 第 1238 号
学位授与の日付	平成 6 年 3 月 25 日
学位授与の要件	自然科学研究科生産開発科学専攻 (学位規則第 4 条第 1 項該当)
学位論文題目	自由電子レーザ用アンジュレータの最適設計に関する研究
論文審査委員	教授 中田 高義      教授 古谷洋一郎      教授 谷口 健男 教授 小野 文久      教授 加川 幸雄

## 学 位 論 文 内 容 の 要 旨

自由電子レーザ（以下、FELと略記）は、高エネルギー電子ビームとアンジュレータで発生させる周期磁場を用いて、発振させるレーザである。FELでは、電子ビームのエネルギーと周期磁場のピーク強度を変化させることにより、容易に波長を変えることができるので、新しいレーザとして期待されている。

アンジュレータの最小ギャップ長とFELゲインの2つのパラメータに着目し、このパラメータを制約条件として、アンジュレータの周期長、K値などのパラメータの最適値を決定する手法を開発した。この手法を用いれば、FEL施設等で複数台のアンジュレータが設置される場合も考慮して、アンジュレータのギャップ、周期長、K値等の最適値を決めることができる。FEL施設として建設が行われている施設を例として、アンジュレータのパラメータの最適値の決定を行い、本手法の有用性を確認した。また、この検討のなかで、永久磁石を真空容器中に入れる真空封止型アンジュレータの必要性についても明らかにした。最後に、このアンジュレータの試作を行い、実験的検討を行った。その結果、ピーク磁場のばらつきが十分小さく、到達真空度の点でも満足できるアンジュレータを開発し、短波長のFEL発振のため、有用であることを示した。

## 論 文 審 査 の 結 果 の 要 旨

本論文では、自由電子レーザ(FEL)の利用のために必要とされる広い波長域のレーザを

発振させるためのFEL施設を小型化し、低コストで建設、運転するために、アンジュレータの周期長、ピーク磁場、ギャップ長の最適値を決定する手法を開発している。すなわち、アンジュレータの最小ギャップ長とFELゲインの2つのパラメータに着目し、このパラメータを制約条件としてFEL用アンジュレータの最適設計を行う手法を考案し、実際に建設を行っているFEL施設のアンジュレータのパラメータ決定に適用し、有用性を確認している。

また、短波長のFELを発振させるためには、永久磁石を真空中に入れる構造の真空封止型アンジュレータが必要であることを明らかにし、試作並びに実験的検討を行っている。その結果によれば、ピーク磁場のばらつきは1%以下にできるので、短波長FEL発振器として十分使用できることがわかった。

さらに短波長FEL発振用のアンジュレータとして、永久磁石と磁性体を組み合わせたハイブリッド型アンジュレータについても最適設計を行っている。すなわち、有限要素法とRosenbrock法を併用した非線形静磁界用の最適化法を用いて、アンジュレータの発生するピーク磁場が最大となる台形の磁性体形状を求めている。

以上のように、本研究は極めて独創的な発想に基づいて、自由電子レーザー用アンジュレータの最適設計法を確立した点で、工学上寄与するところが多い。

本論文の内容、参考論文及び最終試験を含めて総合的に審査した結果、本論文は博士（工学）の学位に値するものと認められる。